

2025 世界机器人大赛—BCI 脑控机器人大赛

“基于皮层脑电信号的肢体运动辨识技术赛项”

一、赛项介绍

本赛题基于猪运动区皮层脑电信号，开发肢体运动辨识算法，旨在推进半侵入式脑机接口技术的数据应用。

二、赛项规则

2.1 实验说明

本赛题猪在跑台被动运动，通过 32 通道半侵入式脑电采集系统采集猪左侧运动皮层 ECoG 脑电信号，通过软时统方式，结合动作捕捉系统同步采集猪右侧前后肢 8 通道关节运动信号，依次为前肢的肩关节 (Sho)、肘关节 (Elb)、腕关节 (Wri)、掌指关节 (Mcp)，后肢的髋关节 (Hip)、膝关节 (Kne)、踝关节 (Ank)、拓指关节 (Mtp)，形成脑电和矢状面关节角度相关联的专用数据集。实验流程如图 1 所示。

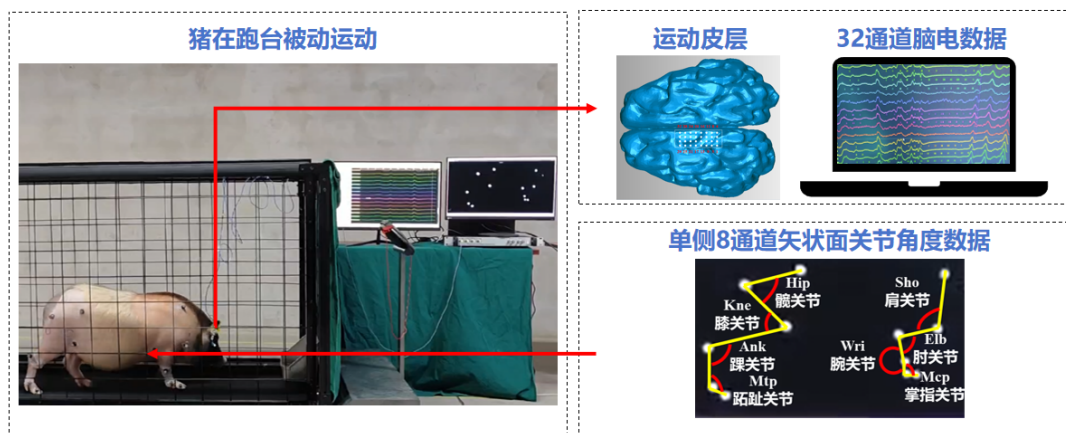


图 1 实验流程

2.2 数据说明

本赛题脑电数据采样率为 1kHz，未做降采样或其他滤波处理，关节角度数据采样率为 200Hz。脑电数据的导联排布规则如图 2 所示，覆盖猪运动脑区，电极位点覆盖脑区面积 5mm*15mm，位点 1-32 通道，位点直径 300 微米，位点间距横向 2mm，纵向 1.5mm，脑电参考点为颅骨。

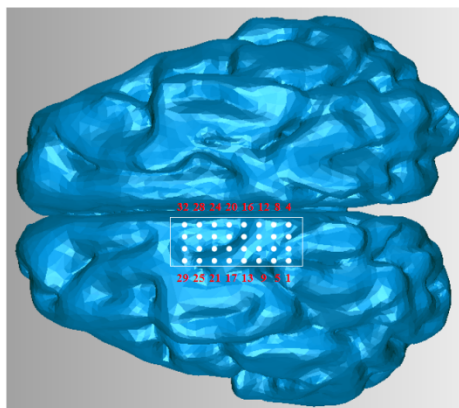


图 2 脑电导联排布规则

2.3 赛题任务

本赛题重点考察两方面能力，一是考察跨被试关节运动角度解算能力，二是考察少导联解算能力。详细说明如下：

(1) 跨被试关节运动角度解算能力

猪在跑台被动运动，不提供猪运动的速度变化信息，由选手根据关节角度变化情况自行判断，通过脑电信号解算 8 个关节的角度值。

(2) 少导联解算能力

在导联选择方面，本赛题提供 32 导联的脑电原始数据，选手根据训练结果自由选择效果最优的 24 个导联，提交算法模型。其中，导联配置由算法端在比赛开始前提交至赛题端，赛题端根据选手选定的序号，发送对应导联的数据给算法端解算。

2.4 赛题数据集

表 1 初赛数据集

数据集	来源与内容	用途说明
训练集	脑电：1 号猪，运动态，总时长 1 小时	供选手训练模型
	关节：关节角度真实值	
校准集	脑电：2 号猪 10 分钟数据，包含静息态、运动态 包括 2.1km/h、1.8km/h、1.5km/h、1.2km/h 各 2 分钟	供选手校准模型与导联选择
	关节：关节角度真实值	
测试集	脑电：A 榜：2 号猪，1 小时； B 榜：2 号猪，1 小时； 仅提供算法端选择的 24 导联脑电信号	评估少导联模型跨被试迁移能力，选手需输出 8 个关节角度预测值
	关节：不提供	

表 2 决赛数据集

数据集	来源与内容	用途说明
校准集	脑电：3 号猪 5 分钟数据，包含静息态 2.5 分钟、 运动态 2.5 分钟	供选手校准模型与导联选择
	关节：关节角度真实值	
测试集	脑电：A 榜：3 号猪，1 小时； B 榜：3 号猪，1 小时； C 榜：3 号猪，1 小时； 比赛当天抽取 1 榜为赛题，仅提供算法端选择的 24 导联脑电信号	评估少导联模型跨被试迁移能力，选手需输出 8 个关节角度预测值
	关节：不提供	

2.5 评分规则

以关节角度的真实值与解算值形成的两条轨迹的误差项（RMSE）和相关性项 pearson 相关系数（CORR）作为评分标准，权重各占 50%，总分 100 分。依据总分进行排名，排名前 10 的队伍进入决赛。计算步骤如下：

(1) 计算一个试次的误差项，每个关节角度分别计算误差项后对 8 个关节轨迹的误差

项求平均记为这一试次的均方根误差。x=真实值，y=解算值，i=采样点。

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 / n}$$

$$RMSE_{trial} = \frac{1}{8} \left(\frac{n_{sho} + n_{elb} + n_{mcp} + n_{wri} + n_{hip} + n_{kne} + n_{ank} + n_{mtp}}{8} \right)$$

(2) 计算一个试次的相关系数 CORR，每个关节角度分别计算相关系数后对 8 个关节轨迹的相关系数求平均记为这一试次的相关系数。

$$CORR = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$CORR_{trial} = \frac{1}{8} \left(\frac{r_{sho} + r_{elb} + r_{mcp} + r_{wri} + r_{hip} + r_{kne} + r_{ank} + r_{mtp}}{8} \right)$$

(3) 计算总分排名，以一个试次为例，一个 block 即为试次总分的平均值。考虑到比赛成绩具有梯度，将 RMSE 的结果进行了缩放。其中，M2 是最大允许的均方误差，超过该值，均方误差部分记 0 分；M1 是自定义最优均方误差，当计算的均方误差低于 M1 时，均方误差部分记满分 50 分。其中，M1=10 和 M2=15，根据赛题数据上的初步结果确定。

$$Score_{trial} = \text{Max} \left[\text{Min} \left(50 \times \frac{M2 - RMSE_{trial}}{M2 - M1}, 50 \right), 0 \right] + \text{Max}(CORR_{trial} \times 50, 0)$$

2.6 提交内容

入围决赛的队伍需提交如下内容：

1) 本赛题程序使用 python 语言编写，需提交基于 python 3.10.10 版本的扩展名为.py 的文件，包括算法源代码及代码注释，交接代码时需进行源码复核。

2) 算法报告 word 版，包含方法介绍和使用说明两部分，算法报告完整性影响最终排名。

方法介绍包含内容如下：

(1) 传统机器学习方法

1) 方法介绍，包括：提取特征的类型（如：功率谱密度、均值方差等时域统计量、共空间模式等空域特征等）、计算步骤（含公式）、回归算法（如：多元线性回归、支持向量机回归算法、随机森林等集成回归算法）、算法的参数（如：SVM 的惩罚系数等）

2) 实验设置，包括：训练参数设置（如：XGBoost 的学习率等）、验证集的比例（如有）

(2) 深度学习方法

1) 方法介绍：网络的具体说明，包括网络的结构总览图、网络各个层的类型（如：卷积层或池化层等）参数设置（如：卷积核个数和尺寸等）；

2) 实验设置，包括：优化器类型、优化器参数（如：学习率、动量等）、损失函数类型（如：均方误差等）、批大小、验证集的比例（如有）、训练策略（如：早停机制、保存最优权重等）

使用说明包含内容如下：

1. 运行代码所需的库以及安装命令（如：需安装 mne，命令为 pip install mne）

2. 运行代码的命令（如：假设代码名字为 test.py，通过命令行输入命令 python test.py 运行）以及是否需要额外命令行参数（如有）
3. 项目结构

三、竞赛流程

初赛和决赛均为线上比赛，决赛的颁奖在线下进行。比赛时间参照大赛官方通知。
决赛队伍数量依据总分而定，根据初赛总分排名，排名前 10 的队伍进入决赛。

四、奖项设置

决赛依据总分进行排名，发放奖状奖励，若获奖算法得分高于 60 分，可获得奖金奖励。

表 3 奖金设置

获奖	数量	奖金
特等奖	1	15000
一等奖	2	10000
二等奖	3	5000
三等奖	6	无

以上奖金均为税前金额。

五、赛项联系人

中国电子学会官方邮箱：BCIRobotContest@163.com